



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Hollerup : Konsolideringsforsøg

Datarapport

Thorsen, Grete

Publication date:
2003

Document Version
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Thorsen, G. (2003). *Hollerup : Konsolideringsforsøg: Datarapport*. Geoteknikgruppen, Institut for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet. AAU Geotechnical Engineering Papers Bind R0313 Nr. 60

General rights

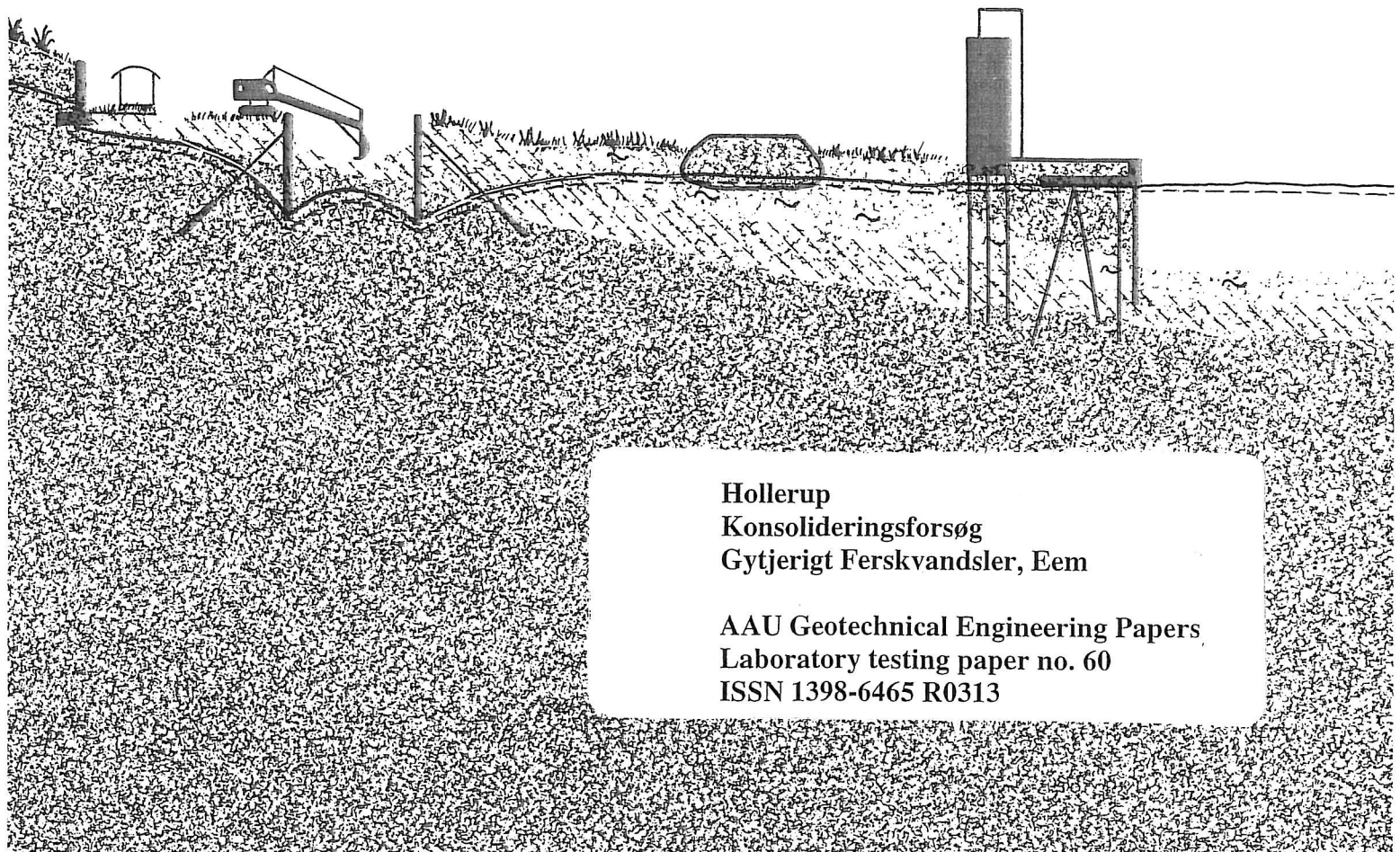
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LABORATORIET FOR FUNDERING
INSTITUTTET FOR VAND
JORD OG MILJØTEKNIK
AALBORG UNIVERSITETSCENTER



Hollerup
Konsolideringsforsøg
Gytjerigt Ferskvandsler, Eem

AAU Geotechnical Engineering Papers
Laboratory testing paper no. 60
ISSN 1398-6465 R0313



Aalborg Universitet
Geoteknikgruppen
Sohngaardsholmsvej 57
9000 Aalborg
Danmark

Kontaktperson
lektor Grete Thorsen
Tlf.: 96 35 84 54
Fax: 98 14 25 55
e-mail: i5gt@civil.auc.dk

Hollerup
Konsolideringsforsøg
Datarapport

Udarbejdet Grete Thorsen

Kontrolleret

Godkendt

Hollerup
Konsolideringsforsøg
Gytjerigt Ferskvandsler, Eem

AAU Geotechnical Engineering Papers
Laboratory testing paper no. 60
ISSN 1398-6465 R0313

Indholdsfortegnelse	side
1. Indledning.....	3
2. Formål.....	3
3. Forsøgsmateriale.....	3
4. Forsøgsprogram.....	3
5. Tolkning af forsøg.....	4
6. Resultater.....	4
7. Kommentarer til forsøgsresultater.....	6
8. Referencer.....	6

Bilag
no.

1	Situationsplan
2 + 2a	Konsolideringsforsøg. Hollerup 1
3 + 3a	Konsolideringsforsøg. Hollerup 2

1. Indledning

Denne datarapport indeholder resultater af konsolideringsforsøg med to prøver af interglacialt gytjerigt ferskvandsler fra Eem mellemistid. Prøverne er optaget i en skrænt i en nedlagt råstofgrav, hvor et profil i Eem aflejringer er fritlagt til forskningsformål, jfr. situationsplanen, bilag 1 (Larsen & Kronborg, 1994 og Thorsen, 1996).

2. Formål

Det væsentligste formål med forsøgene har været at bestemme forbelastningen for en Eem ler, der er aflejret øst for hovedopholdslinien for den sidste iskappe i Weichsel istid samt at sammenligne denne med forbelastningen bestemt for Eem ler aflejret ved Solsø, der er beliggende på Skovbjerg bakkeø, hvor der tilsyneladende ikke har været gletscherpåvirkning siden næstsidste istid, Saale (Thorsen, 1996).

3. Forsøgsmateriale

Materialet er interglacialt gytjerigt ferskvandsler fra Eem mellemistid. Prøverne er optaget med en tyndvægget prøveoptager med diameter 70 mm og tildannet til en diameter på 60 mm.

Ved klassifikationsforsøg er bestemt følgende:

	Hollerup 1	Hollerup 2
Vandindhold %	w = 63.8	w = 67.2
Rumvægt kN/m ³	$\gamma = 15.2$	$\gamma = 15,3$
Kalkindhold %	$k_a \sim 86$	$k_a \sim 80$
Glødetab %	gl ~ 8	gl ~ 8

Bestemmelse af kalkindhold og glødetab er udført af Jens Ildal og Willy Lund.

Prøverne er optaget i en skrænt, det er derfor vanskeligt at bestemme værdien af de effektive spændinger in situ. Eem aflejringerne er overlejet af 10 m smeltevandsaflejringer (Larsen & Kronborg, 1994).

Den maksimale værdi for den effektive spænding in situ er derfor skønnet til $\sigma'_0 \sim 200$ kPa.

4. Forsøgsprogram

Forsøgene er udført i det danske konsolideringsapparat med prøvestørrelse $h \times d = 30 \times 60$ mm og med en lille filtersten i det nederste trykhoved. Som drænvej er anvendt $H_d = 0,7d$.

Forsøgene er udført ved trinvis belastning og varigheden af de enkelte belastningstrin har varieret en del, det har været væsentligt at sikre en bestemmelse af krybningsdekadehældningen for hvert belastningstrin. Ved forsøget med prøve Hollerup 1 er udført et aflastningstrin og et genbelastningstrin efter arbejdskurven var blevet retlinet i $\varepsilon - \log \sigma'$ afbildning. Formålet har været at vurdere resultaterne af et belastningstrin, når forbelastningen var kendt.

Forsøgenes arbejdskurver og kurver over variationen af krybningsdekadehældningen fremgår af bilag 2 og 3.

5. Tolkning af forsøg

Der er udført en traditionel tolkning af konsolideringsforsøgene til bestemmelse af forkonsolideringsspenningen, σ'_{pc} , tøjningsindeks, Q , krybningsdekadehældning, ϵ_s , krybningstøjningsindeks, Q_s , svarende til normalkonsolideret tilstand, samt konsolideringskoefficienten ved 10^0 , $c_{k10} = k_{10}K/\gamma_w$. Resultaterne fremgår af bilag 2a og 3a. På grund af den store krybningsdekadehældning har enkelte af tidskurverne været lidt vanskelige at tolke.

For hvert belastningstrin er bestemt konsolideringsmodulen, $K = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon_c$, som stort set svarer til tangentmodulen ved belastningstrinnets middelspenning. Resultatet fremgår af bilag 2a og 3a.

Til bestemmelse af forkonsolideringsspenning er benyttet følgende kriterier (dgf-Bulletin 15, 2001):

- knæk i $\epsilon_s - \sigma'$ kurven, hvor ϵ_s når den maksimale værdi (Q_s)
- knæk eller spring i $K - \sigma'_{\text{middel}}$ kurven
- afbøjning fra en ret linie i $\sigma' - \epsilon_c$ kurve

De aktuelle arbejdskurver er desuden sammenlignet med Terzaghi-kurver, $\epsilon = Q \log(1 + (\sigma'/\sigma'_k))$, med forskellige værdier for Q og σ'_k , og Casagrandes konstruktion er anvendt til vurdering af størrelsen af σ'_{pc} (afsnit 6, fig. 3).

Der er fundet god overensstemmelse mellem de forskellige kriterier.

Ved at antage fuld vandmætning ved forsøgsstart, således at enhver deformation skyldes vandudpresning, er udregnet et begyndelsesvandindhold ved hvert enkelt belastningstrin, værdierne fremgår af bilag 2a og 3a.

6. Resultater

Arbejdskurverne for de enkelte konsolideringsforsøg fremgår af bilag 2-3a.

De tolkede parametre er:

$Q \sim 20 \%$

$K \sim 18 \text{ MPa}$ for $\sigma' < \sigma'_{pc}$

$Q_s \sim 1,2 \%$

$\alpha = Q_s/Q = 0.06$

$\sigma'_{pc} > 1 \text{ MPa}$, hvilket for en max. $\sigma'_0 \sim 200 \text{ kPa}$ giver en forkonsolideringsgrad på

$OCR > 1/0.2 \sim 5$

På fig. 1 er optegnet variationen af Q med begyndelsesvandindholdet for hvert enkelt belastningstrin. På figuren er til sammenligning indtegnet kurven ud fra skønsformlen for postglaciale organiske aflejringer $Q = 60(w-25)/(w+40)$.

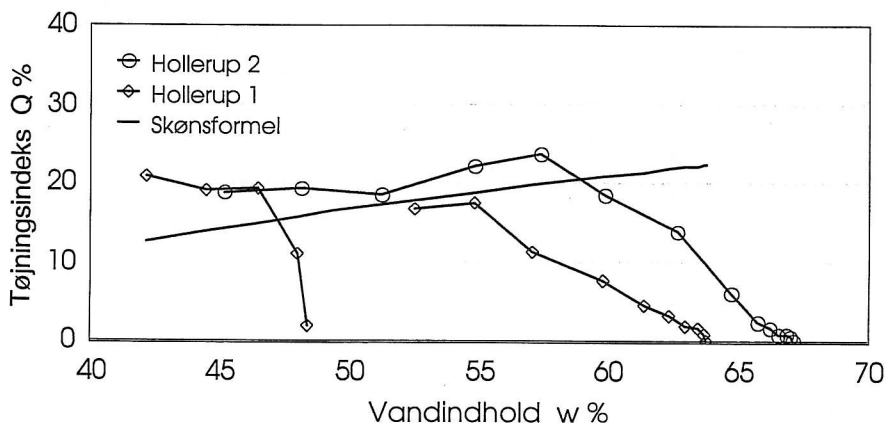


Fig. 1 Variation af $Q = \Delta\epsilon/\Delta\log \sigma'$ med det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert trin

Den ved hvert belastningstrin udregnede værdi for konsolideringsmodulen K er i fig. 2 afsat som funktion af det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert belastningstrin.

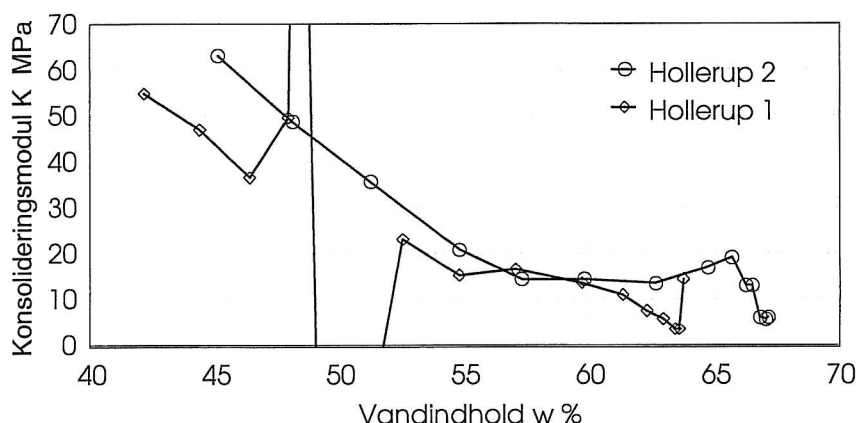


Fig. 2 Variation af K med det beregnede begyndelsesvandindhold ved hvert trin

I det følgende er anvendt Casagrandes konstruktion på en Terzaghi-kurve.

På fig 3 er med fuldt optrukket streg vist de aktuelle arbejdskurver samt med prikket streg tre Terzaghi-kurver med forskellige værdier for Q og σ'_κ :

$Q = 20\%$, $\sigma'_\kappa = 500$ kPa

$Q = 23\%$, $\sigma'_\kappa = 700$ kPa

$Q = 25\%$, $\sigma'_\kappa = 800$ kPa

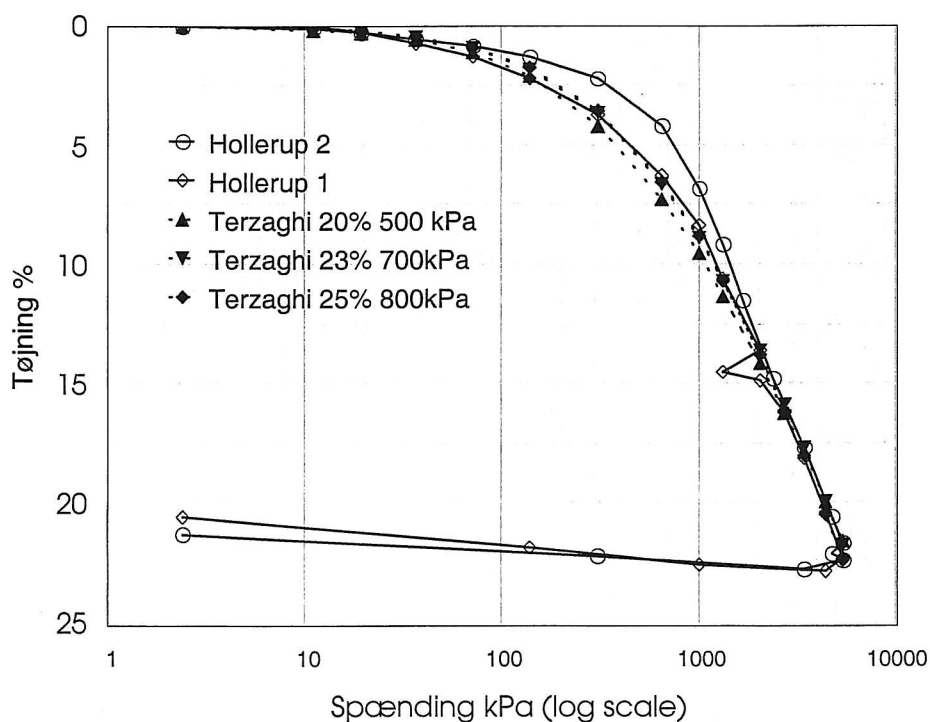


Fig. 3 De aktuelle Arbejdskurver sammenlignet med tre forskellige Terzaghi-kurver.

På en Terzaghi-kurve, $\varepsilon = Q \log(1 + (\sigma'/\sigma'_\kappa))$, findes kurvens maksimale krumning ved $\sigma' = 0.62 \sigma'_\kappa$.

Anvendelse af Casagrande konstruktion:

Tangenten til kurven i det punkt med størst krumning får hældningen $0.38Q$. Ved en vinkel mellem tangent og vandret på $30^0 - 40^0$ får vinkelhalveringslinien hældningen $\sim 0.17 Q$.

Skæringspunktet mellem vinkelhalveringslinien og kurvens asymptote, $\varepsilon = Q \log (\sigma'/\sigma'_\kappa)$, findes ved $\sigma' \sim 2 \sigma'_\kappa$,

De tre optegnede Terzaghi-kurver på fig. 3 ligger alle meget tæt på arbejdskurven for Hollerup 1. Den maksimale krybningsdekadehældning er ved konsolideringsforsøget med Hollerup 2 fundet i spændingsintervallet fra 1008 til 1356 kPa, og ved forsøget med Hollerup 1 i spændingsintervallet 1356 til 2049 kPa.

Med $\sigma'_\kappa = 500$ kPa fås $\sigma'_{pc} = 1000$ kPa, med $\sigma'_\kappa = 700$ kPa fås $\sigma'_{pc} = 1400$ kPa og $\sigma'_\kappa = 800$ kPa fås $\sigma'_{pc} = 1600$ kPa.

Ud fra tolkningen må det antages, at forbelastningsspændingen $\sigma'_{pc} > 1000$ kPa, og måske snarere noget større.

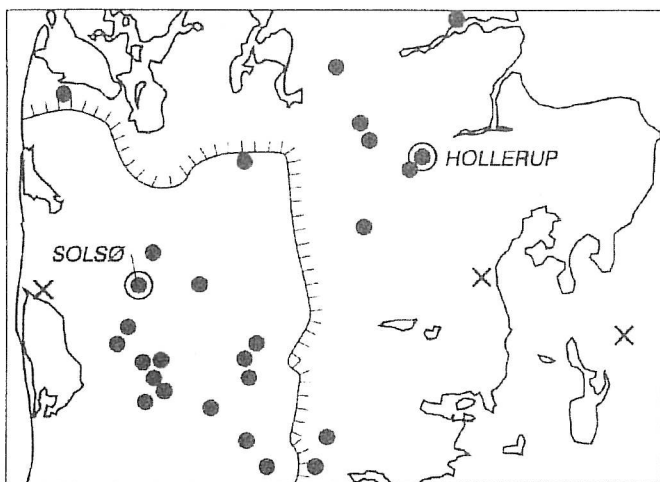
7. Kommentarer til forsøgsresultater

Der er udført 2 konsolideringsforsøg med meget ensartet materiale. Forsøgsresultaterne er meget ens, og for begge forsøg gælder, at en del af tidskurverne har været lidt vanskelige at tolke på grund af store krybningstøjninger i forhold til konsolideringstøjninger. Der kan have været lidt luft i prøverne fra starten, men forsøgsresultaterne tyder ikke på noget væsentligt luftindhold.

Med de usikkerheder, der i de foregående afsnit er nævnt på fastsættelsen af størrelsen af den effektive spænding in situ, σ'_0 , og forbelastningsspændingen, σ'_{pc} , kan det konkluderes, at forkonsolideringsgraden er $OCR > 5$, og måske snarere 7.

8. Referencer

- Dgf-Bulletin 15: *Laboratoriehåndbogen, afsnit 5, konsolideringsforsøg*. Dgf's laboratoriekomité, December 2001. ISBN NO 87-89833-12-0.
- Larsen, G. & C. Kronborg, 1994. *Geologisk set. Det mellemste Jylland*. Geografforlaget. Miljøministeriet. Skov- og naturstyrelsen. 1994. ISBN 87-7702-132-0.
- Thorsen, G. 1996: *Oedometer tests – an aid in determination of the geological load history?* Bulletin of the Geological Society of Denmark. Vol. 43 pp. 41-50. Copenhagen 1996



Situationsplan. Beliggenhed af Hollerup og Solsø i forhold til Weichsel isens hovedopholdslinie.

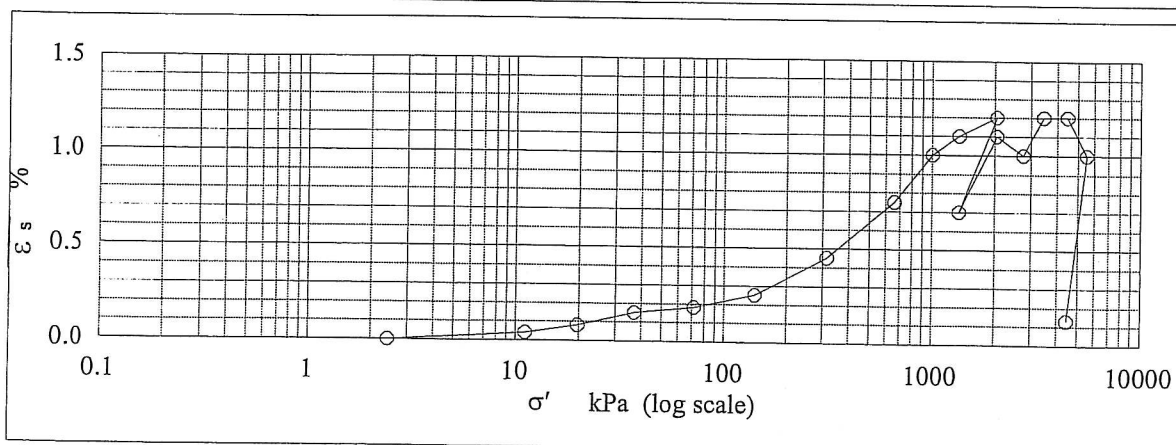
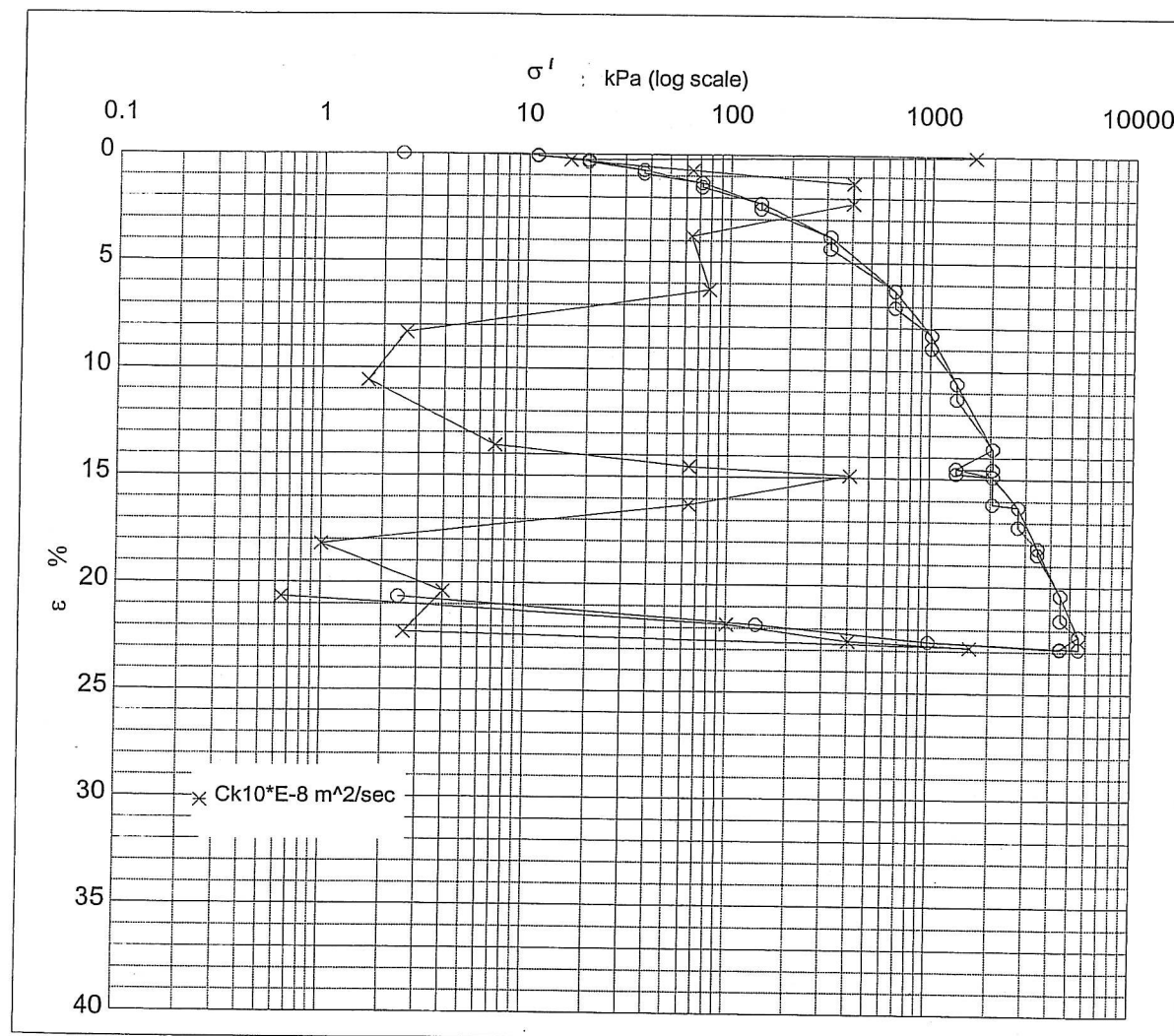
- Forekomst af Eem ferskvandsaflejringer
- X Forekomst af Eem saltvandsaflejringer

(efter Larsen & Kronborg, 1994)

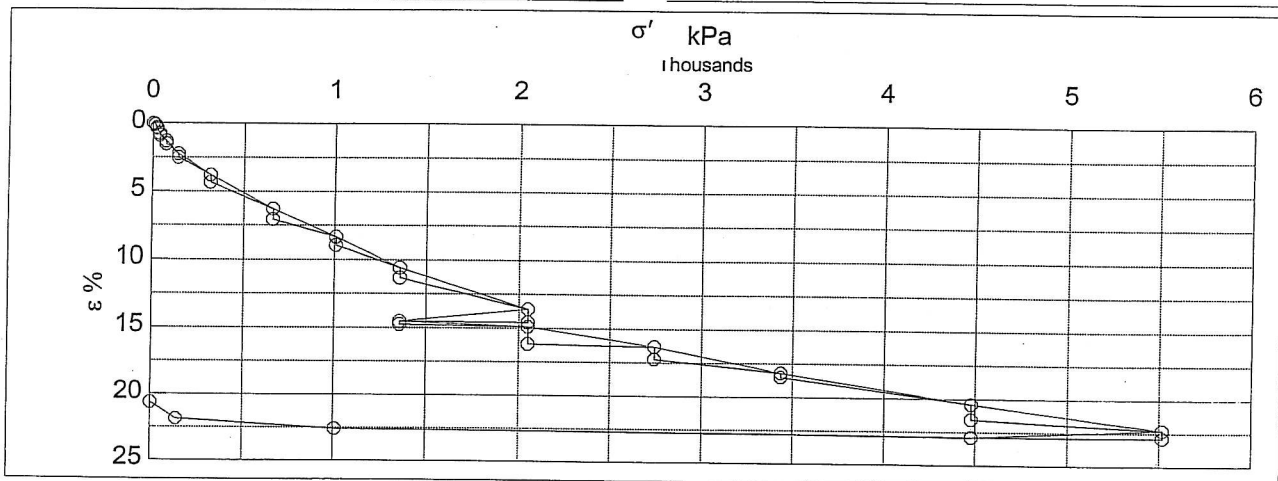
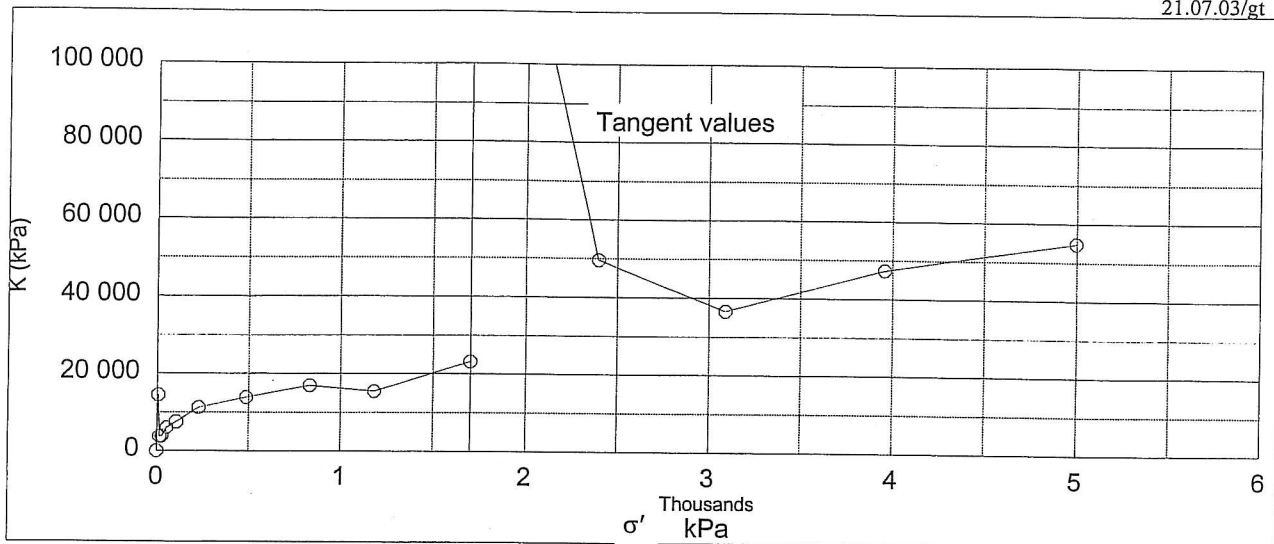


Billede af det fritlagte profil i Eem aflejringer, hvor prøverne Hollerup1 og Hollerup 2 er optaget

Description of soil: Ler, gytjerigt, kalkholdigt, EEM			Water content %	Before	After
			Bulk density Mg / m ³	63.8	44.9
			Grain density Mg / m ³	1.54	1.68
Bor no :	Hollerup	Overburden pressur σ_o	<200 kPa	Void ratio	1.66
Lab. no:	H11	Vane strength c_v		Degr. of Saturation %	1.13
Level :	in slope	CPT - value q_c		Dimension H x D mm	96
					100
					30x60
					24x60



Job: Hollerup		AAU
		Encl. No 2
Executed:	AMS/gt	Approved
Checked:		



Test results

Q 20 %
 Qs 1.2 %
 σ'_{pc} ~1000 kPa

σ' kPa	ϵ_c %	ϵ_s % / lct	ck10 m ² /s	σ'_m kPa	K kPa	w %
2.4	0.00	-	-	-	-	63.8
11.1	0.06	0.04	1.62E-05	6.8	14456.6	63.8
19.8	0.29	0.08	1.62E-07	15.4	3771.3	63.7
37.1	0.74	0.15	6.46E-07	28.5	3855.1	63.5
71.8	1.32	0.18	4.04E-06	54.5	5982.0	63.0
141.2	2.25	0.25	4.04E-06	106.5	7461.5	62.4
314.7	3.80	0.45	6.46E-07	228.0	11192.2	61.4
661.6	6.30	0.75	7.98E-07	488.2	13878.3	59.8
1 008.6	8.35	1.00	2.58E-08	835.1	16924.8	57.1
1 355.6	10.60	1.10	1.68E-08	1 182.1	15420.3	54.9
2 049.5	13.60	1.20	7.18E-08	1 702.5	23130.5	52.6
1 355.6	14.54	0.70	6.46E-07	1 702.5	-73978.2	49.4
2 049.5	14.90	1.10	4.04E-06	1 702.5	191689.4	48.4
2 743.4	16.30	1.00	6.46E-07	2 396.4	49565.4	48.0
3 437.3	18.20	1.20	1.01E-08	3 090.4	36521.9	46.5
4 478.2	20.40	1.20	4.04E-08	3 957.7	47312.4	44.5
5 519.1	22.30	1.00	2.58E-08	4 998.6	54782.8	42.2
4 478.2	22.87	0.13	1.62E-05	4 998.6	-182609.4	40.1
1 008.6	22.60	0.00	4.04E-06	2 743.4	1285028.8	39.5
141.2	21.86	0.00	1.01E-06	574.9	116428.8	39.8
2.4	20.65	0.00	6.46E-09	71.8	11488.7	40.6
						41.9

Remark:

Job: Hollerup

AAU

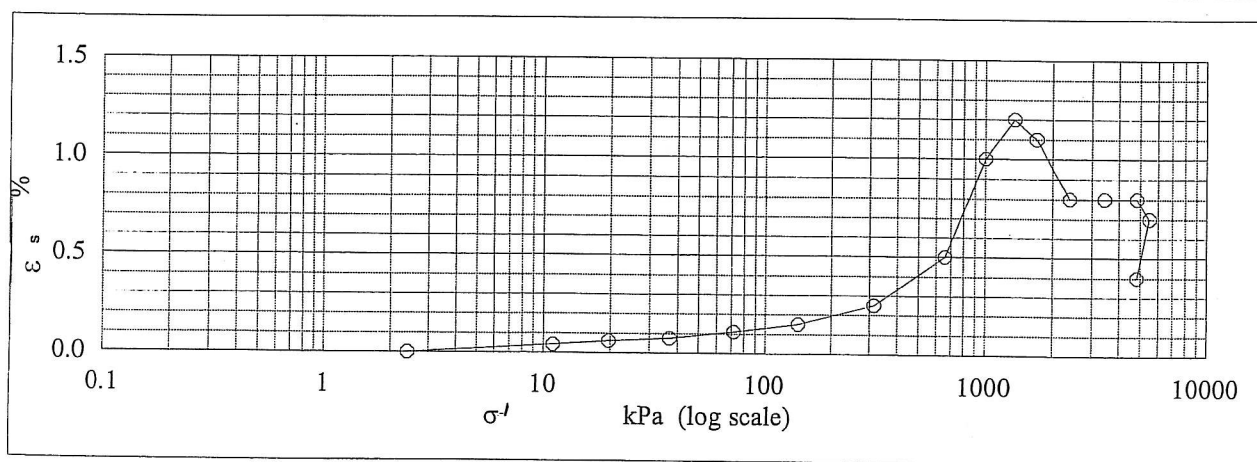
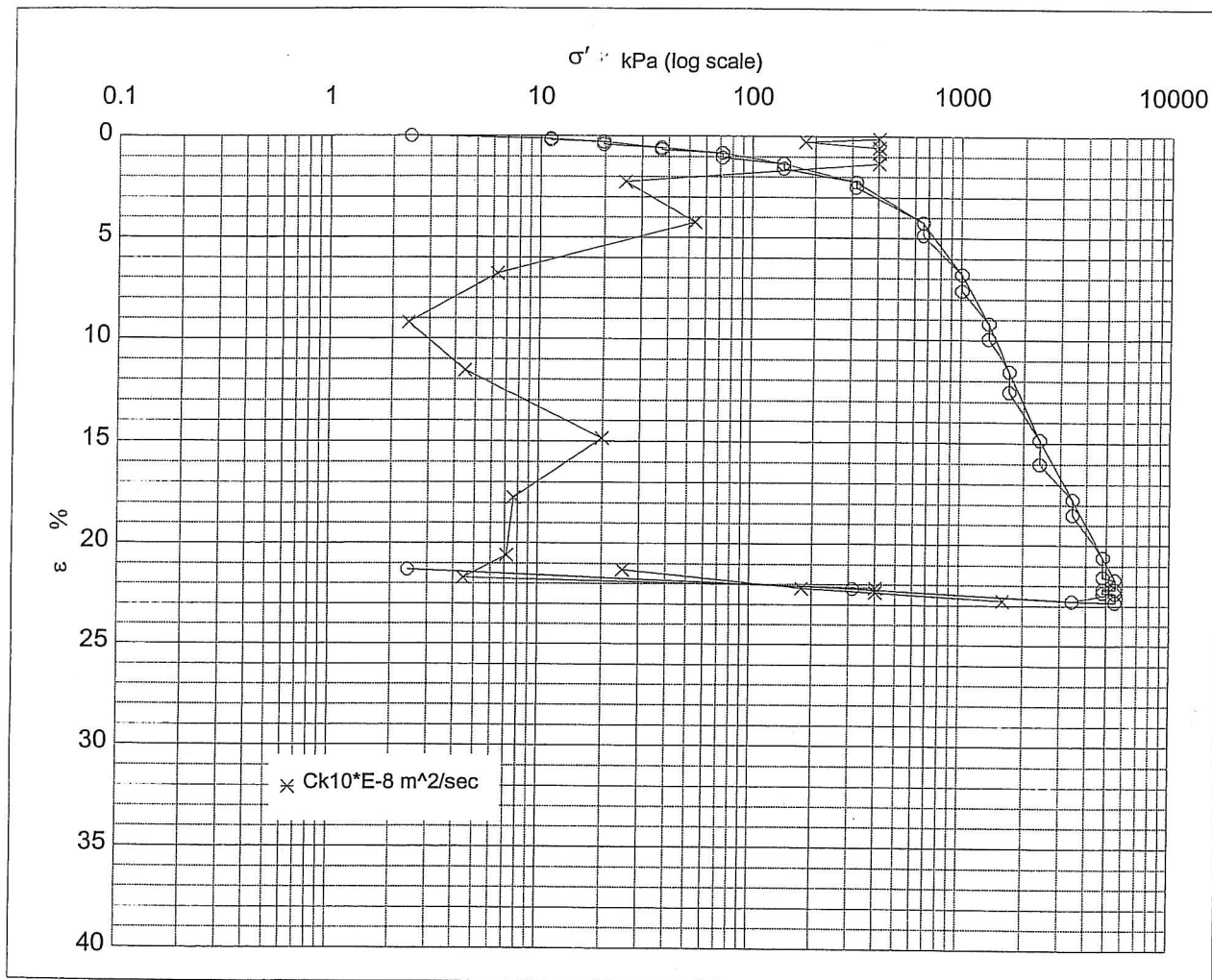
Encl. No
2a

Executed: AMS/gt

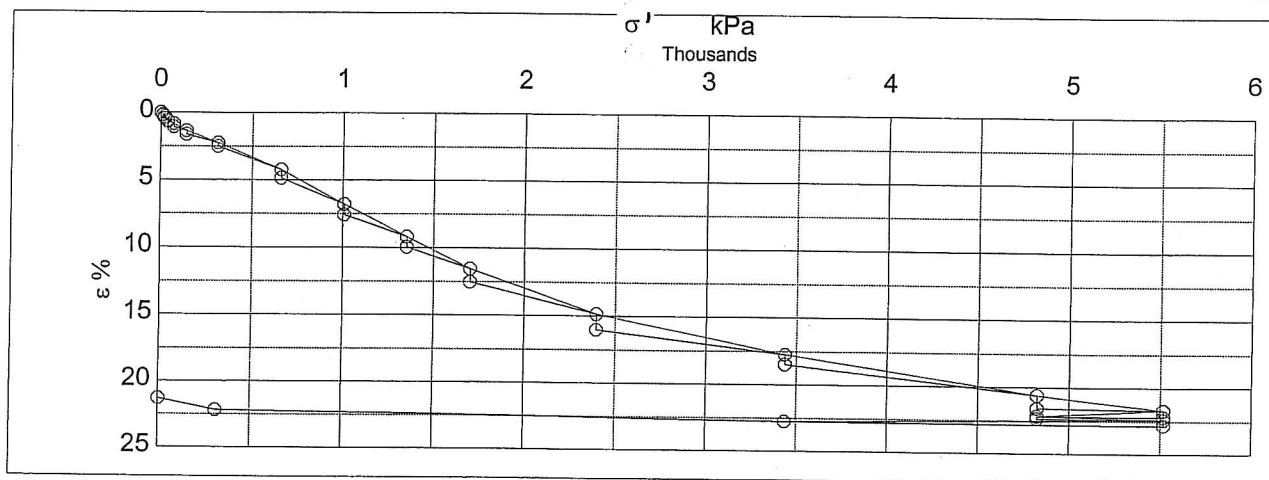
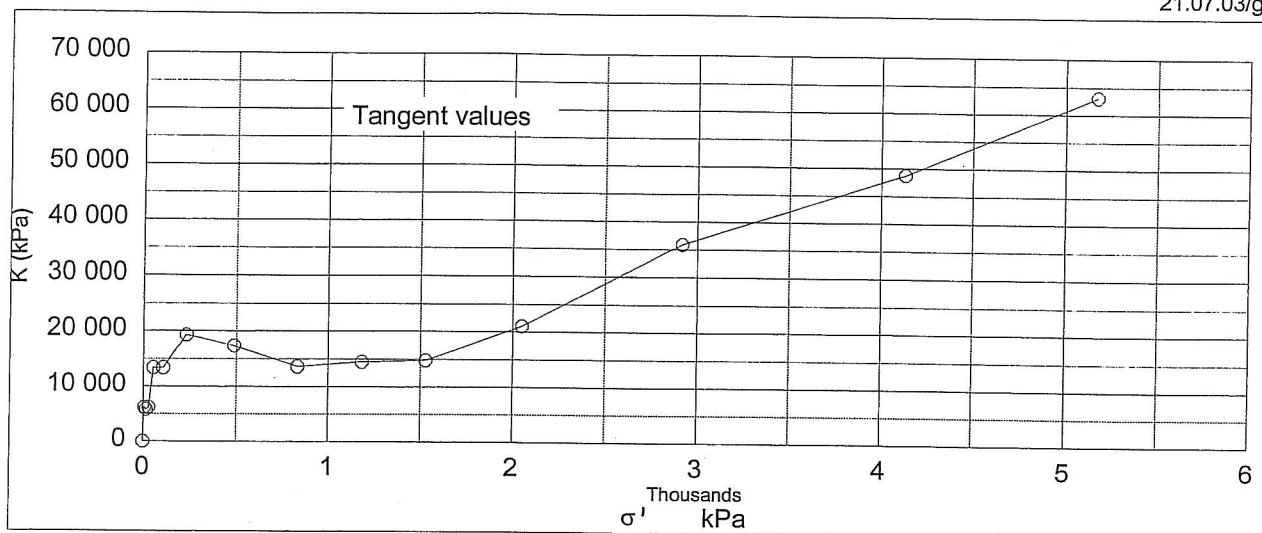
Approved

Checked:

Description of soil: Ler, gytjerigt, EEM		Water content %	Before 67.2	After 45.4
		Bulk density Mg / m ³	1.56	1.72
		Grain density Mg / m ³	~2.55	
Bor no : Hollerup	Overburden pressure σ_o ~200kPa	Void ratio	1.73	1.16
Lab. no: H21	Vane strength c_v	Degr. of Saturation %	99	100
Level : in slope	CPT - value q_c	Dimension H x D mm	30x60	23.7x60



Hollerup	AAU
	Encl. No 3
AMS/gt	Approved



Test results

Q 20 %
 Qs 1.2 %
 σ'_{pc} ~1000 kPa

σ' kPa	ϵ_c %	ϵ_s % / lct	ck10 m ² /s	σ'_m kPa	K kPa	w %
2.4	0.00	-	-	-	-	67.2
11.1	0.14	0.04	4.04E-06	6.8	6195.7	67.2
19.8	0.29	0.06	1.79E-06	15.4	5782.6	67.1
37.1	0.57	0.08	4.04E-06	28.5	6195.7	66.9
71.8	0.83	0.11	4.04E-06	54.5	13344.5	66.6
141.2	1.35	0.15	4.04E-06	106.5	13344.5	66.3
314.7	2.25	0.25	2.52E-07	228.0	19275.4	65.8
661.6	4.25	0.50	5.34E-07	488.2	17347.9	64.8
1 008.6	6.80	1.00	6.31E-08	835.1	13606.2	62.7
1 355.6	9.20	1.20	2.39E-08	1 182.1	14456.6	59.9
1 702.5	11.55	1.10	4.47E-08	1 529.0	14764.2	57.4
2 396.4	14.85	0.80	1.99E-07	2 049.5	21027.7	54.9
3 437.3	17.75	0.80	7.68E-08	2 916.9	35892.2	51.3
4 825.1	20.60	0.80	7.18E-08	4 131.2	48695.8	48.2
5 519.1	21.70	0.70	4.47E-08	5 172.1	63083.2	45.2
4 825.1	22.17	0.40	4.04E-06	5 172.1	-148272.6	44.0
5 519.1	22.40	0.70	4.04E-06	5 172.1	299101.5	43.5
3 437.3	22.77		1.62E-05	4 478.2	-565692.0	43.2
314.7	22.20		1.79E-06	1 876.0	544959.9	42.8
2.4	21.30		2.52E-07	158.6	34967.7	43.5
						44.4

Remark:

Job: Hollerup

AAU

Encl. No
3a

Executed: AMS/gt

Approved

Checked: